

(19)



JAPANESE PATENT OFFICE

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: **10177952 A**(43) Date of publication of application: **30 . 06 . 98**

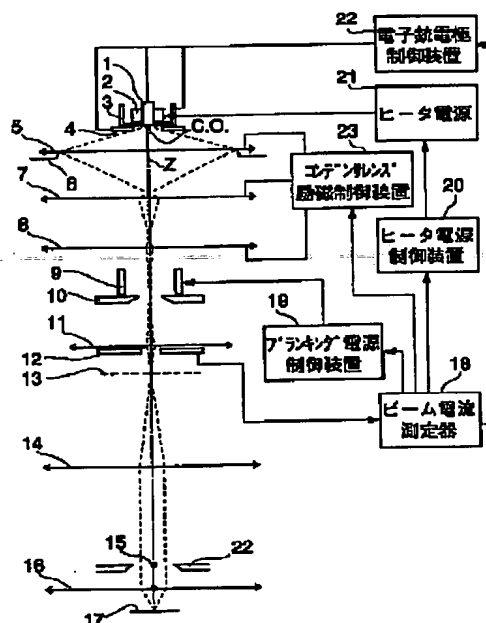
(51) Int. Cl.

H01L 21/027
G03F 7/20(21) Application number: **08353744**(22) Date of filing: **18 . 12 . 96**(71) Applicant: **NIKON CORP**(72) Inventor: **NAKASUJI MAMORU**
OKINO TERUAKI**(54) TRANSFER APPARATUS USING ELECTRON BEAM****(57) Abstract:**

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a transfer apparatus which performs highly accurate electron beam transfer with a stable electron beam dose.

SOLUTION: This apparatus transfers the pattern of a reticle 13 to a sample 17 by using electron beams. The equipment is provided with a beam current measuring equipment 18 which detects a quantity of electron beams absorbed by a blanking opening 12 during blanking and a control means 19 which adjusts the subsequent transfer exposure time in response to the detected electron beam quantity. A quantity of electron beams may be controlled to be fixed by feedbackcontrolling an electron gun cathode heating power supply 21.

COPYRIGHT: (C)1998,JPO



(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平10-177952

(43) 公開日 平成10年(1998) 6月30日

(51) Int.Cl.⁶
H 0 1 L 21/027
G 0 3 F 7/20

識別記号
5 2 1

F I
H 0 1 L 21/30 5 4 1 R
G 0 3 F 7/20 5 2 1
H 0 1 L 21/30 5 4 1 E
5 4 1 M

審査請求 未請求 請求項の数 8 F D (全 5 頁)

(21) 出願番号 特願平8-353744
(22) 出願日 平成 8 年(1996) 12月18日

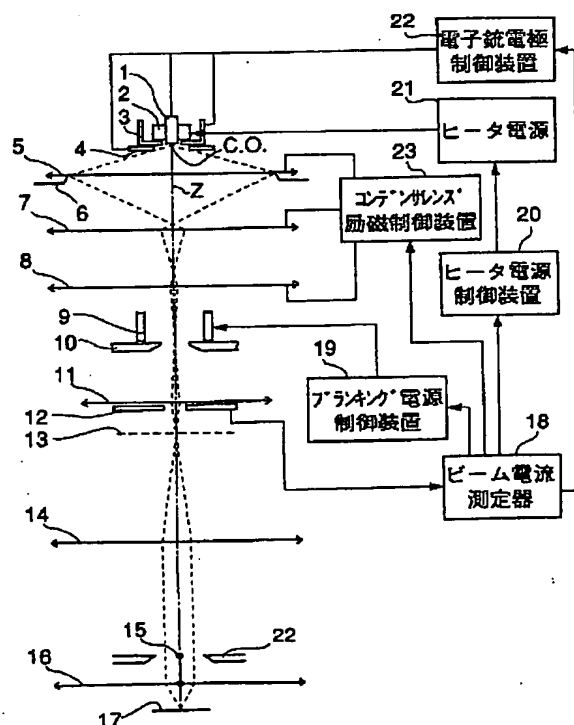
(71) 出願人 000004112
株式会社ニコン
東京都千代田区丸の内 3 丁目 2 番 3 号
(72) 発明者 中筋 護
東京都千代田区丸の内 3 丁目 2 番 3 号株式
会社ニコン内
(72) 発明者 沖野 輝昭
東京都千代田区丸の内 3 丁目 2 番 3 号株式
会社ニコン内
(74) 代理人 弁理士 渡部 温

(54) 【発明の名称】 電子線を用いた転写装置

(57) 【要約】

【課題】 安定的な電子線ドーズで高精度の電子線転写を行うことのできる転写装置を提供する。

【解決手段】 本発明の転写装置は、電子線を用いてレチクル 1 3 のパターンを試料 1 7 に転写する装置である。ブランキング時にブランキング開口 1 2 に吸収される電子線量を検出するビーム電流測定器 1 8 と、検出した電子線量に対応して以後の転写露光時間を調整する制御手段 1 9 を備える。また、電子銃のカソード加熱電源 2 1 をフィードバック制御して電子線量を一定に制御することとしてもよい。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 電子線を用いてレチクルのパターンを試料に転写する転写装置であって；電子銃と、電子銃から出た電子線の視野を制限する視野制限開口と、視野制限開口とレチクルとの間に配置されたブランキング開口と、を含み；ブランキング時にブランキング開口に吸収される電子線量を検出する手段と、検出した電子線量に対応して以後の転写露光時間を調整する制御手段と、をさらに備えることを特徴とする電子線を用いた転写装置。

【請求項2】 電子線を用いてレチクルのパターンを試料に転写する転写装置であって；電子銃と、電子銃から出た電子線の視野を制限する視野制限開口と、視野制限開口とレチクルとの間に配置されたブランキング開口と、を含み；ブランキング時にブランキング開口に吸収される電子線量を検出する手段と、検出した電子線量が、予め定められている標準値となるように上記電子銃のカソード加熱電源をフィードバック制御する制御手段と、をさらに備えることを特徴とする電子線を用いた転写装置。

【請求項3】 電子線を用いてレチクルのパターンを試料に転写する転写装置であって；電子銃と、電子銃から出た電子線の視野を制限する視野制限開口と、視野制限開口とレチクルとの間に配置されたブランキング開口と、を含み；ブランキング時にブランキング開口に吸収される電子線量を検出する手段と、検出した電子線量が、予め定められている標準値となるように上記電子銃のウェーネルト電圧又はアノード電圧をフィードバック制御する制御手段と、をさらに備えることを特徴とする電子線を用いた転写装置。

【請求項4】 上記フィードバック制御がPID（比例、積分、微分）制御であることを特徴とする請求項2又は3いずれか1項記載の電子線を用いた転写装置。

【請求項5】 上記電子銃が温度制限領域で動作していることを特徴とする請求項2記載の電子線を用いた転写装置。

【請求項6】 上記電子銃が空間電荷制限領域で動作していることを特徴とする請求項3記載の電子線を用いた転写装置。

【請求項7】 上記転写装置がクリティカル照明光学系を有することを特徴とする請求項2記載の電子線を用いた転写装置。

【請求項8】 電子線を用いてレチクルのパターンを試料に転写する転写装置であって；温度制限領域で動作し

ている電子銃と、電子銃から出た電子線の視野を制限する視野制限開口と、視野制限開口とブランキング開口との間に配置されたコンデンサレンズと、を含み；ブランキング時にブランキング開口に吸収される電子線量を検出する手段と、検出した電子線量の長期変動分は上記電子銃のカソード加熱電源にフィードバックし、短期変動分は、ウェーネルト電圧、コンデンサレンズ励磁電圧、アノード電圧又は転写露光時間にフィードバックして、電子線量を一定に保つ制御手段と、をさらに備えることを特徴とする電子線を用いた転写装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、電子線を用いてレチクル（マスク）のパターンを試料（ウェハ等）に転写する転写装置に関する。特に、4 G D R A M以降の高密度・微細パターンをも高スループットで形成できる電子線を用いた転写装置に関する。

【0002】

【従来の技術】従来の電子線露光装置としては、可変整形方式、セルプロ方式が用いられている。これらの露光機用の電子銃カソードには、通常L a B₆が用いられており、このようなL a B₆製カソードは空間電荷制限領域で動作している。このL a B₆電子銃は、輝度が 10^5 A/cm²・sr以上で、エミッタンスが数10 μ m mrad（加速電圧30 kV時）とれ、従来タイプの電子線露光装置用の電子銃としては十分な性能を発揮してきた。

【0003】しかしながら、最近では半導体集積回路の更なる高解像化・高集積化が要求されており、可変整形方式やセルプロ方式等の従来の電子線露光式では、露光装置のスループットが要求に追いつかなくなってきた。そこで近年新たに、露光の高解像度と高スループットの両方を兼ね備えた電子線露光方式の検討が進められている。このような方式の中で最近注目を集めている方式は、1ダイ又は複数ダイを一度に露光するのではなく、従来より大きな光学フィールドを持つ部分領域（小領域）にマスクを分割して転写露光するという方式である。このような方式を、ここでは分割転写方式と呼ぶこととする。この分割転写方式における1つの小領域の広さは、ウェハ上で数100 μ m角以上が要求され、従来露光方式の数10倍以上の大きさである。

【0004】この分割転写タイプの露光方式で使われる電子銃の要求仕様は、加速電圧が100 kV以上で、輝度が 10^3 A/cm²・sr程度、エミッタンスが数1,000 μ m mradといわれている。しかしながら、これらの要求仕様は、従来の空間電荷制限領域で使用されるL a B₆電子銃と比べて、輝度が1/100程度で、エミッタンスが100倍以上という桁違いのものであり、この仕様を

満足することは困難であった。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】このような分割転写方式の電子線露光装置用の電子線源として好適な低輝度・高エミッタンスの電子銃として、温度制限領域で動作するものが提案されている。しかし、温度制限領域で動作する電子銃は、カソード温度が変動すると電子銃電流等が変動して電子線量（ビーム電流）が変動する。そのため、レジストへの電子線ドーズ量が意図せぬ変動をきたして高精度の転写を行うことができなかった。

【0006】一方、空間電荷制限領域で動作する電子銃を有する転写装置にあっても、より高精度の転写を行うためには、電子線量の変動をより減少させたいとの要請は存在していた。具体的には、1時間当たり1%程度の安定度のものは得られているが1時間当たり0.5%あるいはそれ以下の安定度の電子銃が望ましい。

【0007】本発明は、電子線を用いてレチクルのパターンを試料に転写する転写装置であって、4GDRAM以降の高密度・微細パターンをも高スループットで形成できる、安定的な電子線ドーズで高精度の電子線転写を行うことのできる転写装置を提供することを目的とする。

【0008】

【課題を解決するための手段】上記課題を解決するため、本発明の第1態様の電子線を用いた転写装置は、電子線を用いてレチクルのパターンを試料に転写する転写装置であって；電子銃と、電子銃から出た電子線の視野を制限する視野制限開口と、視野制限開口とレチクルとの間に配置されたブランキング開口と、を含み；

ブランキング時にブランキング開口に吸収される電子線量を検出する手段と、検出した電子線量に対応して以後の転写露光時間を調整する制御手段と、をさらに備えることを特徴とする。

【0009】本発明の第1態様の電子線を用いた転写装置においては、電子銃のカソードから放出された電子銃電流は一般にクロスオーバーを形成し、クロスオーバーからある角度分布を持ってビームが発散される。そして電子銃電流、クロスオーバー寸法、輝度、上記角度分布等が安定な値を保つわけではなく、常に変動している。このような状況で試料に塗布された電子線レジストに常に一定のドーズを与える必要がある。また、上記変動は視野制限開口に入る電流量が変動する場合と、視野制限開口で除去される電流量が変動する場合があり、本発明においては、視野制限開口で余分な電子線は除去されていて、レチクルを照射する電流がブランキング開口に入射していて、その電流によって露光時間を制御しているので、この電流が急激に変化しない限り、一定のドーズで転写が行える。

【0010】本発明の第2態様の電子線を用いた転写装置は、電子線を用いてレチクルのパターンを試料に転写

する転写装置であって；電子銃と、電子銃から出た電子線の視野を制限する視野制限開口と、視野制限開口とレチクルとの間に配置されたブランキング開口と、を含み；ブランキング時にブランキング開口に吸収される電子線量を検出する手段と、検出した電子線量が、予め定められている標準値となるように上記電子銃のカソード加熱電源をフィードバック制御する制御手段と、をさらに備えることを特徴とする。

【0011】カソード温度を $\pm 1^{\circ}\text{C}$ 以下の精度で測定することは1, 200 $^{\circ}\text{C}$ 程度のカソード温度の場合きわめて困難である。本発明ではカソード温度ではなく、実際に露光に使われるビーム電流を測定し、その変動を無くすようカソード加熱電源を制御する。カソードが温度制限条件で動作している場合には、カソード加熱電源のフィードバック制御（PID制御等）を行うことによって電子線量を安定に制御できる。

【0012】本発明の第3態様の電子線を用いた転写装置は、電子線を用いてレチクルのパターンを試料に転写する転写装置であって；電子銃と、電子銃から出た電子線の視野を制限する視野制限開口と、視野制限開口とレチクルとの間に配置されたブランキング開口と、を含み；ブランキング時にブランキング開口に吸収される電子線量を検出する手段と、検出した電子線量が、予め定められている標準値となるように上記電子銃のウエーネルト電圧又はアノード電圧をフィードバック制御する制御手段と、をさらに備えることを特徴とする。

【0013】電子銃が空間電荷制限領域で動作している場合には、ビーム電流を大きくする場合にはウエーネルトバイアスを浅くするか、アノード電圧を高くすればよく、逆の場合はこの逆の方向へ制御すればよい。

【0014】本発明の第4態様の電子線を用いた転写装置は、電子線を用いてレチクルのパターンを試料に転写する転写装置であって；温度制限領域で動作している電子銃と、電子銃から出た電子線の視野を制限する視野制限開口と、視野制限開口とブランキング開口との間に配置されたコンデンサレンズと、を含み；ブランキング時にブランキング開口に吸収される電子線量を検出する手段と、検出した電子線量の長期変動分は上記電子銃のカソード加熱電源にフィードバックし、短期変動分は、ウエーネルト電圧、コンデンサレンズ励磁電圧、アノード電圧又は転写露光時間にフィードバックして、電子線量を一定に保つ制御手段と、をさらに備えることを特徴とする。

【0015】電子銃のカソード加熱電源を介してカソードの温度をコントロールし最終的に電子線量をコントロールする動作には時間遅れ要素があつて、短期変動に対する追従性は必ずしも良くない。しかし、電子線量の制御範囲は広く取れるので、累積的な値の大きい電子線量変動を打ち消す効果は高い。一方、ウエーネルト電圧、

コンデンサレンズ励磁電圧、アノード電圧又は転写露光時間の変更は、比較的応答性が早く、電子線量の短期変動の是正に向いている。そこで、前者と後者とを組み合わせ、好適なコントロールを行うことができる。

【0016】

【発明の実施の形態】本発明は、上記転写装置がクリティカル照明光学系を有する場合が、より十分にその特性を発揮できる。カソードの一部分の仕事関数が酸化や汚染等の理由により大きくなって、その部分からの電子線放出が著しく小さくなった場合にも、試料表面には一様なドーズを与えながら転写を行うことができる。クリティカル照明光学系の場合は、電子銃が作るクロスオーバーの拡大像がレチクル上に結像し、ビーム開口を決めるアパーチャ上にはビーム強度の角度依存性の強度分布が現れる。前者はカソード表面の強度分布には無関係で常にガウス関数となり、後者はカソード表面の強度分布に依存する。レチクル上の照射分布が一様であればビーム開口を決めるアパーチャ上での分布が異常でも問題はない。

【0017】以下、図面を参照しつつより詳しく説明する。図1は、本発明の1実施例に係る電子線を用いた転写装置の主要部の構成を示す。図1では、図の上下に延びる光軸Zに沿って、転写装置の光学系を構成する各機器が配置されている。

【0018】光軸Zの最上部において、カソード1、ヒーター2、ウエーネルト3とアノード4が電子銃を構成している。カソード1を、2mm以上の大きい直径の電子線放出面を持つLaB₆等で構成すると、カソード1から放出された電子線は、カソード1の直下で、一度クロスオーバー（図中C、O.）を形成し、そのクロスオーバーからある角度分布を持つ電子線が放出される。

【0019】電子銃のヒーター2は、カソード1の回りに巻回された発熱コイルを有する。ヒーター2はヒーター電源21（カソード加熱電源）に接続されており、同電源21から電力供給を受ける。カソード1、ウエーネルト（グリッド）3及びアノード4にも、電子銃電極制御装置22から各々電圧が印加されている。カソード1及びウエーネルト3にはマイナス電圧が印加されており、アノード4（アノード4とカソード1間）にはプラス電圧（加速電圧）が印加されている。

【0020】電子銃の下方には、3段のコンデンサレンズ5、7、8が配置されている。電子銃から放出され、クロスオーバーを結んで広がった電子線は、コンデンサレンズ5、7、8を通る。この際に、クロスオーバーは拡大されて、その拡大像は視野制限開口10に結像される。ここで、第1コンデンサレンズ5には、電子銃から特に大きい角度方向（外側）へ放出される電子線を取り除くアパーチャ6が設けられている。

【0021】視野制限開口10は、電子線束の外形を、レチクル13の副視野（分割小領域）の形と寸法に整形

するためのものである。視野制限開口10とレチクル13との間には、コンデンサレンズ11が設置されており、視野制限開口10の形は、コンデンサレンズ11によってレチクル13に結像される。レチクル13の下には、2段の投影レンズ14、16が配置されている。レチクル13を出た電子線は、投影レンズ14で平行ビームとなり、投影レンズ16で試料（ウエーネルト）面17上に結像される。試料面17には電子線レジストが塗布されており、レチクル13を通った電子線のドーズがレジストに与えられ、レチクル13のパターンがレジストに転写される。

【0022】視野制限アパーチャ10のすぐ上にはブランキング偏向器9が設けられており、コンデンサレンズ11の近傍にはブランキング開口12が設けられている。ブランキング開口12にはビーム電流測定器18が接続されており、ブランキング開口12に吸収させる電子線量を測定できるようになっている。ビームが試料面17に行かないようブランキングされた時には、開口10を通過した電子線はすべてブランキング開口12の上面に入射する。ブランキング開口12に入射した電子線は、一定の割合でこの開口で吸収され、ビーム電流測定器18で測定される。

【0023】ブランキング偏向器9と視野制限開口10はごく近くにあり、視野制限開口10の位置でのクロスオーバーの寸法は、視野制限開口10の寸法より十分大きい。そのため、ブランキングした時も視野制限開口10は一定の強度で照射されている。一方、レチクル13の下方の2つの投影レンズ14、16間にも、両投影レンズ間を縮小率で内分する点15にクロスオーバー開口22が設けられている。この開口の寸法は、開口6を通過した電子線はすべて通過する大きさに設計されている。

【0024】ビーム電流測定器18には、ビーム電流の標準値が与えられて記憶されている。ビーム電流測定器18は、この標準値から測定値を引いた値に対応する信号を出力し、ブランキング電源制御装置19とヒーター電源制御装置20にこの出力信号を送る。

【0025】ブランキング電源制御装置19は、露光時間を制御するモードのときは、ビーム電流測定器18からの信号に基づいて、ブランキングの解放時間、すなわち1視野当りの露光時間を増減する。具体的には、ビーム電流が低いときには露光時間を長くし、ビーム電流が高いときには露光時間を短くして、試料面17へのドーズ量が一定となるように動作する。

【0026】ヒーター電源制御装置20は、PID制御方式によりヒーター電源21からヒーター2に印加される電圧をコントロールし、それによって、カソード1の温度、最終的にはカソードから放出される電子線のビーム電流が一定となるように制御する。ヒーター電源制御装置20とブランキング電源制御装置19との制御の組

7

み合わせは、様々に切り替えることができるようになってい。例えば、測定値が標準値からずれている程度に応じて、いずれか一方に切り替えて制御を行うパターン、ビーム電流の長期変動分はヒーター電源にフィードバックし、短期変動分はブランキング電源にフィードバックするパターンを利用できる。

【0027】電子銃が空間電荷制限領域で動作している場合には、ビーム電流測定器18の信号を、同装置18に接続されている電子銃電極制御装置22に与えて、ウエーネルト電圧あるいはアノード電圧をコントロールしてビーム電流を安定させる。

【0028】上述のブランキング時間のコントロールに対する代替として、あるいはそれと並行して、コンデンサレンズ5、7、8の拡大倍率をズームレンズのように操作して、視野制限開口10を通る電子線のビーム電流（密度）をコントロールすることもできる。すなわち、ビーム電流測定器18の出力をコンデンサレンズ励磁制御装置23に与えて各コンデンサレンズ5、7、8の励磁を変えて像の倍率を変えるのである。

【0029】

【発明の効果】以上の説明から明らかなように、本発明は、4 GDRAM以降の高密度・微細パターンをも高ス

8

ループットで形成できるような、安定的な電子線ドーズで高精度の電子線転写を行うことのできる転写装置を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の1実施例に係る電子線を用いた転写装置の主要部の構成を示す。

【符号の説明】

1	カソード	2	ヒーター
3	ウエーネルト	4	アノード
5、7、8	コンデンサレンズ	6	アパーチャ
9	ブランキング偏向器	10	視野制限開口
11	コンデンサレンズ グ開口	12	ブランキン グ開口
13	レチクル レンズ	14、16	投影
15	内分する点	17	試料面
18	ビーム電流測定器	19	ブランキン グ電源制御装置
20	ヒーター電源制御装置	21	ヒーター電 源
22	電子銃電極制御装置	23	コンデンサ レンズ励磁制御装置

【図1】

